УДК 663.052 doi: 10.20998/2220-4784.2021.02.09

С. І. БУХКАЛО, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО, С. П. ІГЛІН

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ РЕЦЕПТУРИ ШОКОЛАДНИХ ГЛАЗУРЕЙ НА ЇХ РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Продовжено дослідження математичних моделей шоколадної глазурі як об'єкта кондитерської галузі харчової технології з метою вивчення реологічних характеристик. Визначені важливі технологічні завдання, а саме: сприяння уповільненню процесів окиснення; поліпшення емульгуючих та диспергуючих властивостей; запобігання окисленню окремих видів продукції; перешкоджання попаданню вологи, що збільшує термін придатності кондитерського виробу та ін. На другому етапі визначаються основні проблеми – наукове обґрунтування рецептурних складових технології виробництва продукції з урахуванням показників якість-собівартість. Далі для заданих параметрів технології виробництва визначають складові рецептури шоколадних глазурів. Як приклад представлені результати досліджень вибраних технологічних параметрів деяких композицій шоколадних глазурів порівняльний аналіз ефективності їхнього впливу на реологічні властивості композицій на основі какао-олії. Аналіз отриманих результатів та розрахункових рівнянь дозволив запропонувати рекомендації щодо інтенсифікації процесів виробництва, що ефективно знижує в'язкість композицій на основі какао-олії, та, у свою чергу, дає можливість використовувати їх для часткової заміни лецитину при виробництві кондитерських виробів.

Ключові слова: шоколадні глазурі, реологічні характеристики, інтенсифікація технологічних процесів.

Вступ. Кондитерський ринок України – сучасне харчове виробництво є одним з найбільших секторів харчової промисловості, характеризується стабільністю та стрімким зростанням, а також показує низький рівень вразливості до негативних спадів в економіці країни та світу в цілому. Сьогодні український кондитерський ринок за рецептурними та технологічними характеристиками майже нічим не відрізняється від європейського, оскільки вітчизняні виробники пропонують різноманітний асортимент кондитерської продукції своїм споживачам, який налічує близько 1000 найменувань. Тим самим в Україні, а і у всьому світі, може бути забезпечена безпека харчових товарів, а сформована структура експортної торгівлі сприяє розвитку інших галузей промисловості [1–6].

Кондитерська глазур, як складова кондитерської галузі харчових виробництв України, є цілком сформованою та займає успішну позицію на європейському ринку. Важливе місце серед продукції кондитерської галузі посідають шоколадні цукеркові вироби: за даними статистики у структурі споживання кондитерської продукції в Україні їх частка у загальному обсязі становить близько 24% [1–3]. З метою надання конкурентоспроможності своїй продукції виробники приділяють особливу увагу технології її розробки та забезпечення необхідних властивостей: структурно-механічних, реологічних, а також досягнення необхідних характеристик. Реалізація цієї задачі може здійснюватися у різних напрямках: зниження кількості дефектів поверхні виробів; використання в технологічному процесі збагачувальних добавок; внесення сировинних інгредієнтів, які дозволяють досягти певного технологічного ефекту без застосування синтетичних компонентів тощо. Природа та характеристики жирової фази кондитерської шоколадної глазурі впливають на її функціональні та технологічні властивості і, в кінцевому визначенні, на якість продукції [2, 4]

Характеристика об’єктів та мети дослідження. Об’єкт дослідження – шоколадна глазур, як кондитерський виріб має характеристику: багатокомпонентний харчовий продукт, готовий до вживання, має певну задану форму, отриманий в результаті технологічної обробки основних видів сировини – цукру і жирів, какао-продуктів, з додаванням або без додавання харчових інгредієнтів, харчових добавок і ароматизаторів [1–3] (табл. 1: шоколад 1 – без додатків; 2 – молочний; 3– молочний з горіхами; 4 – пористий молочний).

Мета дослідження – у процесах глазурування необхідно встановити зв'язок між властивостями плинності маси, товщиною шару глазурі, швидкістю її кристалізації і застигання, здатністю маси приймати конкретну форму та відповідати вимогам нормативно-технічної документації (НТД).

Таблиця 1 – Середній хімічний склад шоколаду

Склад	1	2	3	4
Вода	0.8	0.9	0.9	0.9
Білки	5.4	6.9	7.3	6.9
Жири	35.3	35.7	34.5	35.55
Вуглеводи	47.2	49.5	49.8	49.4
Клітковина	3.9	2.0	2.1	2.1
Органічні кислоти	0.9	0.5	0.55	0.7
Зола	1.1	1.6	1.6	1.6
Вітаміни (мк): А	-	Сліди	Сліди	Сліди
B1	0.04	0.05	0.05	0.05
B2	0.12	0.26	0.22	0.26
PP	0.74	0.50	0.49	0.50
Енергетична цінність (Ккал)	540	547	541	545

Робота присвячена розширенню різновидів шоколадної глазурі з рослинної та молочної сировини з урахуванням сучасних уявлень про розробку сучасних технологій їх використання.

© Бухкало С.І., Земелько М.Л., Іглін С.П., 2021

Аналіз теоретичних передумов завдання досліджень є випуск функціональних харчових продуктів для різновидів дієтичного, профілактичного і лікувально-профілактичного харчування.

Аналіз літературних даних та відомості про технологію виробництва.

Дослідження вчених показують, що велику цінність для організму людини представляють поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), що містяться в рослинних оліях (табл. 2), головним чином у насінні та плодах. Використання рослинної та молочної сировини в технологіях шоколадних виробів є перспективним з огляду на різноманіття їх хімічного складу. З іншого боку, складові речовини такої сировини (харчові волокна, білки тощо) можуть вступати у взаємодію з рецептурними компонентами цукерок і впливати на перебіг технологічних процесів. Зважаючи на те, що метою роботи було удосконалення технології шоколадних мас глазурі, на наступному етапі вважали за доцільне проаналізувати особливості формування її структури.

Таблиця 2. Деякі відомості про вміст ліпідів

Компонент	Вміст , %
Соняшник семянка	30,00–58,00
Бавовник	20,00–29,00
Льон насіння	30,00–48,00
Соя насіння	15,00–25,00
Маслини	28,00–50,00
Гірчиця	25,00–49,00
Пшениця	2,70
Жито	2,50
Кукурудза	5,60
Какао (боби)	49,00–57,00
Кокосова пальма (копра)	65,00–72,00

Ліпіди – складні суміші ефіроподібних органічних з'єднань з близькими фізико-хімічними властивостями, яка знаходиться у клітинах рослин, тварин та мікроорганізмів. Унікальний спектр лікувально-профілактичних ефектів зумовив широкий діапазон для їх застосування. Використання масел і жирів при виробництві шоколадної глазурі зумовлено їх унікальними властивостями: ці інгредієнти надають продуктам певну консистенцію і приємну текстуру, сприяють швидкому насиченню, а також забезпечують необхідні технологічні характеристики, наприклад, консистенцію та текучість. Поживна цінність масел і жирів при виробництві шоколадної глазурі визначається жирнокислотним складом, а також розподілом жирних кислот в молекулі тригліцеридів. У свою чергу, жирні кислоти, як основні структурні елементи тригліцеридів, значно розрізняються по довжині вуглецевого ланцюга, числу і положенню в ній подвійних зв'язків, просторової конфігурацією, що обумовлює їх фізичні, хімічні і біологічні властивості [1–6].

Дослідження впливу харчової добавки на якість шоколадної глазурі визначили за інноваційним вибором емульгаторів, наприклад, суміш моно- і діацилгліцеролів [ТУ У 20.5-02070758-002-2012] в поєднанні із сухою молочною сироваткою та фруктовим концентратом. Технологічними характеристиками отриманої шоколадної глазурі визначені реологічні, органолептичні та фізико-хімічні показники. Зразки шоколадної глазурі готували у лабораторних умовах. За основу дослідження було обрано рецептуру шоколадної глазурі, яку наведено таблиці 3.

Таблиця 3 – Рецептура шоколадної глазурі

Компонент	Вміст , %
Какао-масло	17,42–18,42
Какао-терте	42,48
Цукрова пудра	39,1
ПАР	0–1

Комбінування молочного жиру і рослинних масел забезпечує потенційну можливість взаємного збагачення складових інгредієнтів рецептури за одним або декількома показниками і дозволяє створювати продукти збалансованого складу, в тому числі спеціально розроблених цільових різновидів.

Таким чином, оптимізація складу і властивостей з метою створення продуктів, найбільш повно відповідних технології виробництва та якості продукції, зумовлює напрямки розробки інноваційних систем. Проектування складу продуктів з урахуванням вимог збалансованості за жирнокислотним, амінокислотним, мінеральному і вітамінному складом є предметом пріоритетних наукових досліджень та практичних розробок [6–9]

Опис наукового обґрунтування алгоритму визначення математичних моделей експериментального дослідження.

Біологічна ефективність ліпідів визначається, з одного боку, структурними характеристиками жирних кислот, з іншого – їх співвідношенням і вмістом в жирах різних за своєю природою і функціональної спрямованості компонентів. Особлива роль в складі жиру належить есенціальним поліненасичених жирних кислот, наприклад, лінолевої $C_{18:2,}$ ліноленової $C_{18:3}$ і арахідонової $C_{20:4}$. Ці жирні кислоти, як і деякі амінокислоти білків, відносяться до незамінних, які не синтезуються в організмі, і потреба в них може бути задоволена тільки за рахунок їжі. Додаткові компоненти (суху молочну сироватку та фруктовий концентрат) додавали в глазур за рахунок зменшення частки цукрової пудри. Кількість харчової добавки – емульгатора 0…1,0%.

На сьогодні виробники шоколадних глазурей все частіше стали використовувати замість сухого молока суху молочну сироватку, замінюючи при цьому деякий відсоток цукру. Суха молочна сироватка являє собою дрібнодисперсний сухий гігроскопічний порошок від білого до жовтого кольору. Смак і запах – солодкий, солонуватий, злегка кислуватий, без сторонніх присмаків і запахів. Сухий продукт виробляється з натуральної молочної підсирної або сирної сироватки, яка є побічним продуктом при виробництві сирів, сиру або казеїну, методом розпилювального або плівкового сушіння http://www.kompanion-spb.ru/. Сироватка містить в собі білки, лактозу, мінерали і воду, при виготовленні сирів і сиру в неї переходить велика частина лактози, а також практично всі молочні солі, мінеральні речовини і мікроелементи. Саме цей склад робить її вкрай корисною для людини і незамінною у виробництві багатьох харчових продуктів. Протеїн сироватки є найбільш легкозасвоюваним і за своїм складом він найбільш близький до білка жіночого молока. Імуностимулююча дія сироватки пов'язана зі складом (незамінних) амінокислот протеїну сироватки: у порівнянні з казеїном в 4 рази більше цистеїну і в 19 разів більше триптофану, що забезпечує регенерацію білків печінки, утворення гемоглобіну і білків плазми крові. http://www.tagris.org/molochnye-belki/syvorotka/

Основним компонентом сухих речовин сироватки є молочний цукор (лактоза). Гідроліз (розкладання) лактози в кишечнику протікає повільно, у зв'язку з чим обмежуються процеси бродіння і нормалізується життєдіяльність корисної кишкової мікрофлори – сповільнюються гнильні процеси, газоутворення і всмоктування токсичних гнильних продуктів. У молочній сироватці міститься невелика кількість жиру 0,05–0,4 %, проте якість його висока. Цінність молочного жиру сироватки визначається наявністю фосфоліпідів, які беруть участь у процесах передачі кисню і позитивно впливають на згортання крові, окислення жирних кислот, посилення діяльності ферментів. Жир молочної сироватки має високу засвоюваність за рахунок наявності дрібних жирових кульок.

При виробництві жирових глазурей суху молочну сироватку вводять в суміш з сухими компонентами, передбаченими рецептурою (какао-порошком, цукром та ін), в кількості 5% маси цукру в рецептурі, при цьому кількість цукру зменшується на 5% в розрахунку на суху речовину: http://www.tagris.org/molochnye-belki/syvorotka/]. Їх введення не повинно погіршувати якість готового продукту (табл. 4). Тому раціональне дозування додаткових компонентів визначали, виходячи із органолептичних показників якості глазурі.

Таблиця 4 – Рецептури шоколадної глазурі з сухою молочною сироваткою (К1) та фруктовим концентратом (К2)

Компонент	Вміст К1, %	Вміст К2, %
Какао-масло	17,42–18,42	17,42–18,42
Какао-терте	42,48	42,48
Цукрова пудра	37,10	33,85
Суха молочна сироватка	2	–
Фруктовий концентрат	–	3,25
ПАР	0–1	0–1

Важливим етапом визначення раціонального складу рецептури шоколадної глазурі є визначення прикладів математичних моделей експериментальних досліджень (рис. 1, рис. 2). Для дослідження залежності в'язкості від концентрації ПАР використовувалися такі три моделі: лінійна (двохпараметрична): $y = b_0 + b_1 x$; квадратична (трьохпараметрична): $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$; модель вичерпання зі змінним початковим значенням (двохпараметрична): $y = b_1 e^{-b_1 x}$ Модель вичерпання зі сталим початковим хначенням (однопараметрична): $y = 5.65 e^{-b_1 x}$ (рис. 3 – рис. 6).

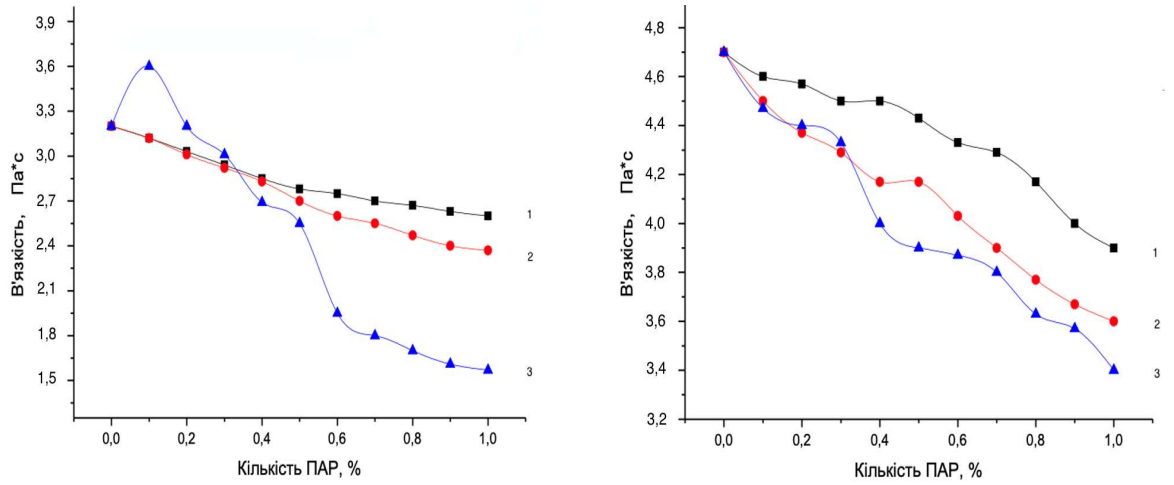

Рис 1 та 2 – Приклади алгоритмів математичних моделей експерименту

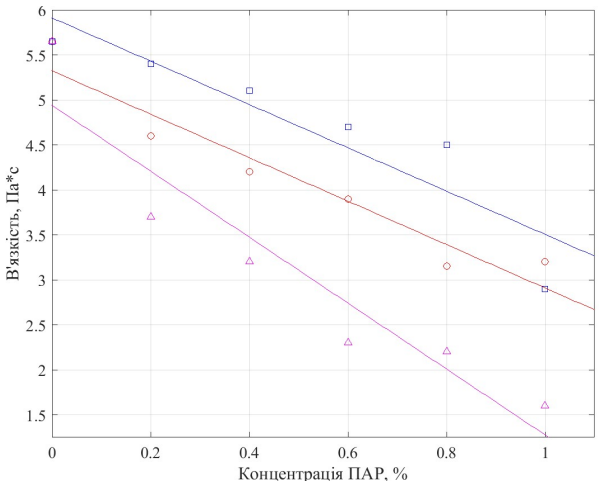

Рис. 3 – Приклади лінійної моделі

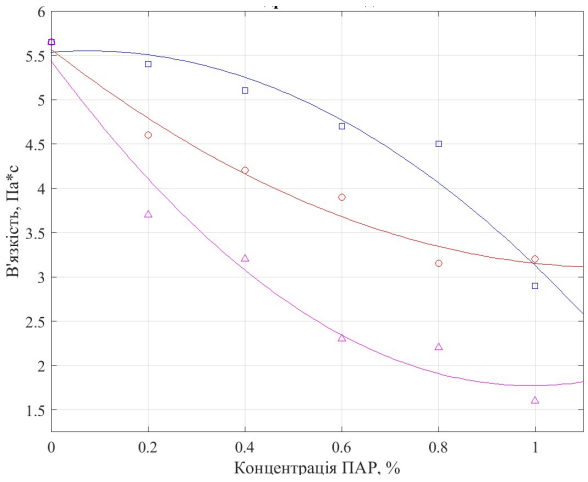

Рис. 4 – Приклади квадратичної моделі

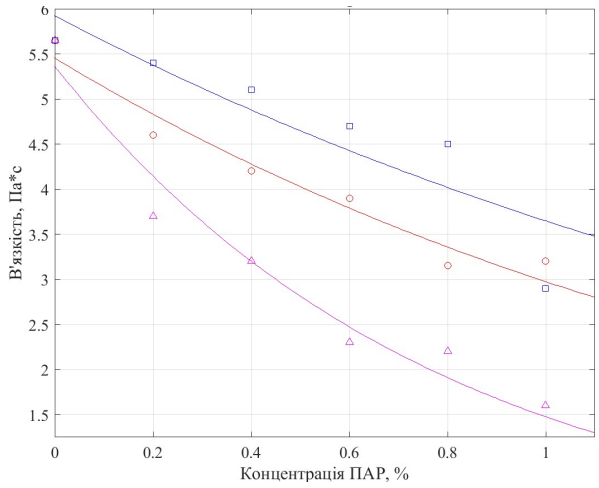

Рис. 5 – Приклади моделі вичерпання

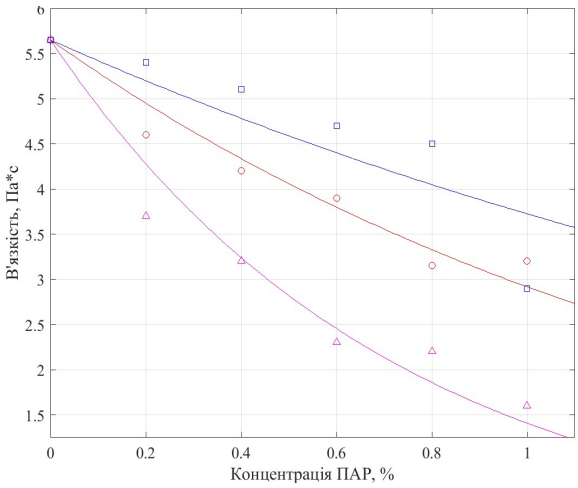

Рис. 6 – Приклади моделі вичерпання 2

Аналіз результатів кривих з рис. 1: крива 1 (лецитин) – Dmin = 0.00305 для квадратичної моделі; крива 2 – Dmin = 0.00127 для моделі вичерпання з одним параметром (харчова добавка-емульгатор з відпрацьованої пальмової олії); крива 3 (харчова добавка-емульгатор з тваринного жиру) – Dmin = 0.04794 для лінійної моделі.

Аналіз результатів кривих з рис. 2: крива 1 (лецитин) – Dmin = 0.00163 для квадратичної моделі; крива 2 (харчова добавка-емульгатор з відпрацьованої пальмової олії) – Dmin = 0.00192 для моделі вичерпання з двома параметрами; крива 3 (харчова добавка-емульгатор з відпрацьованої пальмової олії) – Dmin = 0.00305 для квадратичної моделі.

Аналіз результатів дослідження. Перш за все треба відзначити, що за класифікацією-ідентифікацією какао масло (СВ) природний, дорогий інгредієнт, тому дослідники постійно розробляють різновиди альтернативної сировини за прийнятою світовою класифікацією-ідентифікацією:

1) СВЕ як еквіваленти какао масла – жири, що мають дуже схожий з СВ жирно-кислотний склад, можуть бути змішані з ним у будь-якому співвідношенні. Глазурі на СВЕ необхідно темперувати, крім випадків, коли готовий продукт піддається зберіганню при негативних температурах;

2) CBR як замінники какао масла – жири нелауринового походження, сумісність з СВ з жирової основі становить 20%. Існує два типи жирів, які відрізняються методом отримання: або гідрогенізації природних олій або більш складної комбінацією переробки — фракціонування та гідрогенізація. CBR не вимагають темперування;

3) CBS як сурогати какао-масла – жири лауринового походження, жирно-кислотний склад яких повністю не збігається з СВ. Допускається тільки 5% присутності CBS в жировій основі, тому в якості носія какао частинок можливе використання тільки какао-порошку низької жирності, CBS не вимагають темперування.

Серед поширеніших видів глазурі кондитерської галузі харчової промисловості у наших дослідженнях виділені наступні: шоколадна глазур (у складі продукту має містяться не менше 25% какао-порошку і близько 12% масла какао); глазур, виготовлена з молочного шоколаду відрізняється вмістом у своєму складі крім какао-порошку і масла

какао молока, а також молочного жиру; біла глазур містить у своєму складі велику кількість молока, а також молочного жиру, через що продукт набуває характерний колір; класична кондитерська глазур приготовлена з цукру і какао продуктів; цукрова глазур відрізняється швидкістю і легкістю приготування.

Співвідношення основних компонентів рецептури шоколадної маси може коливатися в значних межах (табл. 5 та 6). Проте є ряд обмежень, які обумовлені, з однією сторони, технологією виробництва, а з другої - споживчими якостями, головним чином смаком. Наприклад, масова частка жиру в шоколадній масі повинна знаходитися в межах 31–36%. Такий вміст жиру забезпечує необхідну для формування текучість маси. Жир вводять в шоколадну масу у вигляді какао масла разом з какао тертим (масова частка жиру близько 54%). У зв'язку з цим при збільшенні частки какао тертого, має бути знижена частка какао олії і навпаки. При цьому слід враховувати, що деяку кількість жиру можна вводити з добавками (молоко, горіх, соєві фосфатидні концентрати тощо).

З метою зниження в'язкості шоколадних мас застосовують рослинні фосфатидні концентрати: прикладом одного з найбільш широко використовуваних харчових емульгаторів є лецитин. Додавання сухої молочної сироватки дозволяє знизити в'язкість (Па·с) глазурувальної системи до 3200 в порівнянні з в'язкістю класичної глазурі, яка становить 3300. Додавання 0,4% харчової добавки-емульгатора з тваринного жиру дозволяє знизити в'язкість шоколадної глазурі до 2690, а при додаванні лецитину або харчових добавки-емульгатора з відпрацьованої пальмової олії такий показник досягається вже при 0,3% ПАР (рис. 1).

Таблиця 5 – Загальна класифікація-ідентифікація математичних моделей для різновидів розроблених глазурей за рис. 1.

Вид	Математичні моделі для різновидів експериментальних залежностей глазурей з рис. 1.
1	Лінійна модель y = b(0)+b(1)*x; y = 3.14762 -0.57857*x. Довірчі інтервали для параметрів моделі: 3.01372 <= b0 <= 3.28152; -0.79971 <= b1 <= -0.35744. Квадратична модель y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2; y = 3.19821 -0.95804*x +0.37946*x^2; Довірчі інтервали для параметрів моделі: 3.03883 <= b0 <= 3.35760; -1.70765 <= b1 <= -0.20842; -0.34008 <= b2 <= 1.09901. Модель вичерпання y = b(1)*e^(-b(2)*x); y = 3.15845*e^(-0.20461*x). Довірчі інтервали для параметрів моделі: 2.94514 <= b1 <= 3.37175; 0.08522 <= b2 <= 0.32401
2	Лінійна модель y = b(0)+b(1)*x; y = 3.16905 -0.82143*x. Довірчі інтервали для параметрів моделі: 3.06978 <= b0 <= 3.26832; -0.98537 <= b1 <= -0.65749. Квадратична модель y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2; y = 3.21071 -1.13393*x +0.31250*x^2. Довірчі інтервали для параметрів моделі: 3.10634 <= b0 <= 3.31509; -1.62483 <= b1 <= -0.64303; -0.15870 <= b2 <= 0.78370. Модель вичерпання y = b(1)*e^(-b(2)*x); y = 3.18812*e^(-0.30017*x). Довірчі інтервали для параметрів моделі: 3.05087 <= b1 <= 3.32537; 0.22144 <= b2 <= 0.37890.
3	Лінійна модель y = b(0)+b(1)*x; y = 3.33571 -1.89143*x. Довірчі інтервали для параметрів моделі: 2.89576 <= b0 <= 3.77567; -2.61800 <= b1 <= -1.16486. Квадратична модель y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2; y = 3.36786 -2.13250*x +0.24107*x^2. Довірчі інтервали для параметрів моделі: 2.64528 <= b0 <= 4.09043; -5.53088 <= b1 <= 1.26588; -3.02098 <= b2 <= 3.50312. Модель вичерпання y = b(1)*e^(-b(2)*x); y = 3.41634*e^(-0.78388*x). Довірчі інтервали для параметрів моделі: 2.54955 <= b1 <= 4.28312; 0.22383 <= b2 <= 1.34392.

Таблиця 6 – Загальна класифікація-ідентифікація математичних моделей для різновидів розроблених глазурей за рис. 2.

Вид	Математичні моделі для різновидів експериментальних залежностей глазурей з рис. 2
1	Лінійна модель y = b(0)+b(1)*x; y = 4.73905 -0.75143*x. Довірчі інтервали для параметрів моделі: 4.59667 <= b0 <= 4.88143; -0.98656 <= b1 <= -0.51630. Квадратична модель y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2; y = 4.67179 -0.24696*x -0.50446*x^2. Довірчі інтервали для параметрів моделі: 4.55545 <= b0 <= 4.78813; -0.79413 <= b1 <= 0.30020; -1.02968 <= b2 <= 0.02075. Модель вичерпання y = b(1)*e^(-b(2)*x); y = 4.74357*e^(-0.17046*x). Довірчі інтервали для параметрів моделі: 4.47679 <= b1 <= 5.01035; 0.07220 <= b2 <= 0.26872.
2	Лінійна модель y = b(0)+b(1)*x; y = 4.64571 -1.06143*x. Довірчі інтервали для параметрів моделі: 4.54672 <= b0 <= 4.74471; -1.22492 <= b1 <= -0.89794. Квадратична модель y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2; y = 4.67071 -1.24893*x +0.18750*x^2. Довірчі інтервали для параметрів моделі: 4.52546 <= b0 <= 4.81597; -1.93209 <= b1 <= -0.56576; -0.46826 <= b2 <= 0.84326. Модель вичерпання y = b(1)*e^(-b(2)*x); y = 4.66494*e^(-0.25868*x). Довірчі інтервали для параметрів моделі: 4.51241 <= b1 <= 4.81746; 0.19977 <= b2 <= 0.31759.
3	Лінійна модель y = b(0)+b(1)*x; y = 4.63095 -1.27857*x. Довірчі інтервали для параметрів моделі: 4.46355 <= b0 <= 4.79836; -1.55503 <= b1 <= -1.00211. Квадратична модель y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2; y = 4.70536 -1.83661*x +0.55804*x^2. Довірчі інтервали для параметрів моделі: 4.54597 <= b0 <= 4.86474; -2.58622 <= b1 <= -1.08699; -0.16151 <= b2 <= 1.27758. Модель вичерпання y = b(1)*e^(-b(2)*x); y = 4.66398*e^(-0.32362*x). Довірчі інтервали для параметрів моделі: 4.43833 <= b1 <= 4.88963; 0.23438 <= b2 <= 0.41285.

В'язкість глазурі (Па·с) з додаванням фруктового концентрату (рис. 2) збільшилась до 4700, в порівнянні з в'язкістю класичної глазурі, яка становить 3300. При додаванні 1% ПАР найкращий результат в'язкості спостерігався з використанням харчової добавки-емульгатора з тваринного жиру (3400), при тому, що з використанням лецитину досліджуваний показник сягав 3900, а з харчовою добавкою-емульгатором з відпрацьованої пальмової олії – 3600.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Додавання сухої молочної сироватки і фруктового концентрату впливає на зміну в'язкості шоколадної глазурі. Так з додаванням першого компонента в'язкість з 3300 знижується до 3200 Па·с, а з додаванням другого компонента та ж величина підвищується до 4700 Па·с. Зниження в'язкості для всіх рецептур шоколадних глазурей є необхідним, так як зі зниженням в'язкості збільшиться текучість глазурей, і як наслідок, вони будуть рівномірно покривати кондитерський виріб, що поліпшить процес глазурування. Необхідність аналізу процесів виробництва шоколадної глазурі і раціонального додавання її до рецептури рецептури виробів обґрунтовується наступними міркуваннями. У шоколадній масі для виготовлення з неї виробів кількість какао-масла 34–36 %, а для глазурі – небагато більше (для забезпечення більшої її плинності). Основні показники технологічної якості шоколадної глазурі, що регламентовані у нормативній документації, можна умовно розділити на кількісні: в'язкість, стабільність, температура використання та якісні (зовнішній вигляд та органолептичні показники). Саме кількісні показники були визначені для отриманих нами шоколадних глазурей при різних концентраціях поверхнево-активних речовин (ПАР), яка коливалася в межах 1–1,0% (мас.), з подальшим встановленням між ними певної залежності [10–12].

Список літератури

1. Новий етап солодкого життя: аналіз ринку шоколадних кондитерських виробів в Україні. URL: https://proconsulting.ua/ua/pressroom/novyj-etap-sladkoj-zhizni-analiz-rynka-shokoladnyhkonditerskih-izdelij-v-ukraine . Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL://http://www.ukrstat.gov.ua
2. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [текст] / Бухкало С.І., Товажнянський Л.Л., Капустенко П.О. та ін. Підручник з грифом МОН. Київ «ЦНЛ»: 2011, 832 с.
3. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] / Бухкало С.І., Товажнянський Л.Л., Білоус О.В. та ін. Підручник з грифом МОН. Київ «ЦНЛ»: 2016, 470 с.
4. Минифай Б.У. Шоколад, конфеты, карамель и другие кондитерские изделия / пер. с англ. под общ. науч. ред. Т.В. Савенковой. – СПб. : Профессия, 2008. – 816 с.
5. Нечаев А.П. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 640 с.
6. Олейникова А.Я. Технология кондитерских изделий / А.Я. Олейникова, Л.М. Аксенова, Г.О. Магомедов. – СПб. : РАПП, 2010. – 672 с.
7. Білоус О.В., Демидов І.М., Бухкало С.І. Розробка комплексного антиоксиданту із екстрактів листя горіху волоського та календули // Eastern-European journal of enterprise technologies – PC "TECHNOLOGY CENTER" 2015. № 1/6 (73). – С. 22–26.
8. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhkalo, S. Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, (2019). 6(11(102)),66-doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442
9. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоровья: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.
10. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
11. Bukhkalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
12. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
13. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклади та тести), 2-ге вид. доп. Ч. 2. [текст] Підручник з грифом МОН. К: «ЦНЛ»: 2018, 108 с.
14. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклади та тести з технології крохмалю), 2-ге вид. доп. Ч. 2. Підр. з грифом МОН. К, «ЦНЛ»: 2019, 108 с.
15. Бухкало С.И., Земелько М.Л. Дослідження впливу деяких технологічних параметрів на реологічні характеристики різновидів шоколадних глазурей. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2021. – № 1 (1361). – с. 62–70.

Bibliography (transliterated)

1. Bukhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah [tekst] / Bukhkalo S.I., Tovazhnjans'kij L.L., Kapustenko P.O. ta in. Pidruchnik z grifom MON. Kiïv CNL 2011, 832 p.
2. Modified lecithin, preparation thereof, and use as an antioxidant E Decker - US Patent App. 16/008,227, 2018.
3. Bukhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] / Buhkalo S.I., Tovazhnjans'kij L.L., Bilous O.V.. Pidruchnik z grifom MON. Kiïv CNL 2016, 470 p.
4. Minifaj B.U. Shokolad, konfety, karamel' i drugie konditerskie izdelija / per. s angl. pod obshh. nauch. red. T.V. Savenkovoj. – SPb. : Professija, 2008. – 816 p.
5. Nechaev A.P. Pishhevaja himija/A.P. Nechaev, S.E. Traubenberg, A.A. Kochetkova. SPb: GIORD, 2003. 640 p.
6. Olejnikova A.Ja. Tehnologija konditerskih izdelij / A.Ja. Olejnikova, L.M. Aksenova, G.O. Magomedov. – SPb. : RAPP, 2010. – 672 p.
7. Bilous O.V., Demidov I.M., Bukhkalo S.I. Rozrobka kompleksnogo antioksidantu iz ekstraktiv listja gorihu volos'kogo ta kalenduli // Eastern-European journal of enterprise technologies – PC "TECHNOLOGY CENTER" 2015. № 1/6 (73). – pp. 22–26.
8. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhkalo, S. Development of a food

antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, (2019). 6(11(102)),66- doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442
9. Bukhkalo S.I. Viznachennja zagal'noї tehnologiї kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologiї: nauka, tehnika, tehnologiї, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferenciї (MicroCAD-2019), Ch. II/za red. prof. Sokola Є.I. – Kh: NTU «KhPI». p. 217.
10. Bukhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
11. Bukhkalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. No. 15(1340). pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
12. Bukhkalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriємstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017). Kh.: Ch. III, – p. 14.
13. Bukhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi), 2-ge vid. dop. Ch. 2. [tekst] Pidruchnik z grifom MON. K.: CNL 2018, 108 p.
14. Bukhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologiї krohmalju), 2-ge vid. dop. Ch. 2. [tekst] Pidruchnik z grifom MON. – K.: CNL: 2019, 108 p.
15. Bukhkalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja vplivu dejakih tehnologichnih parametriv na reologichni harakteristiki riznovidiv shokoladnih glazurej. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2021. – № 1 (1361). – pp. 62–70.

Надійшла (received) 19.11.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, Bukhkalo Svetlana Ivanovna) **–** кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: http://orcid.org/0000-0002-1389-6921; e-mail: bis.khr@gmail.com

Земелько Марія Леонідівна (Земелько Мария Леонидовна, Mariia Zemelko) **– в**икладач кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро, Україна; e-mail: kushnir2609@gmail.com

Іглін Сергій Петрович (Иглин Сергей Петрович, Iglin Sergii Petrovich) **–** кандидат технічних наук, професор кафедри прикладної математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9144-7427; e-mail: bis.khr@gmail.com

S. I. BUKHKALO, MARIIA ZEMELKO, S. P. IGLIN

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE COMPONENTS OF CHOCOLATE GLAZES ON THEIR RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS

Chocolate glaze is a large-tonnage component of various branches of food technology, which also performs important technological tasks, namely: helps to slow down oxidation processes; improving emulsifying and dispersing properties; prevents hardening of certain types of products; prevents the ingress of moisture, which increases the shelf life of the confectionery, etc. At the first stage, the main problems of production of the confectionery industry are determined - they require a scientific justification for the choice of competitive components of production technology, taking into account quality-cost indicators. Next, for the specified parameters of the production technology determine the components of the formulation of chocolate glazes. As an example, the results of studies of selected technological parameters of some compositions of chocolate glazes, a comparative analysis of their effectiveness on the rheological properties of compositions based on cocoa butter: alternative surfactants – standard lecithin – alternative surfactants - monoglycerides and a mixture of mono-, di- and triglycerides from palm oil by glycerolysis in the presence of an alkaline catalyst. Analysis of the system of results and calculation equations allowed to offer recommendations for the intensification of production processes: effectively reduces the viscosity of compositions based on cocoa butter, which, in turn, makes it possible to use them for partial replacement of lecithin in the manufacture of confectionery.

Key words: chocolate glazes, rheological characteristics, intensification of technological processes.

С. И. БУХКАЛО, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО, С. П. ИГЛИН

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ШОКОЛАДНЫХ ГЛАЗУРЕЙ НА ИХ РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Продолжены исследования математических моделей шоколадной глазури как объекта кондитерской отрасли пищевой технологии, с целью изучения реологических характеристик. Важные технологические задачи, а именно: способствует замедлению процессов окисления; улучшению эмульгирующих и диспергирующих свойств; предотвращает очерствение отдельных видов продукции; препятствует попаданию влаги, чем увеличивает срок годности кондитерского изделия и др. На втором этапе определяются основные проблемы – научное обоснование рецептурных составляющих технологии производства продукции с учетом показателей качество-себестоимость. Далее для заданных параметров технологии производства определяют составляющие рецептуры шоколадных глазурей. В качестве примера представлены результаты исследований выбранных технологических параметров некоторых композиций шоколадных глазурей сравнительный анализ эффективности их воздействия на реологические свойства композиций на основе какао-масла. Анализ полученных результатов и расчетных уравнений позволил предложить рекомендации по интенсификации процессов производства, что эффективно снижает вязкость композиций на основе какао-масла, и, в свою очередь, дает возможность использовать их для частичной замены лецитина при производстве кондитерских изделий.

Ключевые слова: шоколадные глазури, реологические характеристики, интенсификация технологических процессов.